

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JULIANA KLOSTERMANN ZIEMMER

QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA, ESTOQUE E TEORES DE
CARBONO EM DUAS ESPÉCIES DE PTERIDÓFITAS
ARBORESCENTES DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

CURITIBA

2014

JULIANA KLOSTERMANN ZIEMMER

QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA, ESTOQUE E TEORES DE
CARBONO EM DUAS ESPÉCIES DE PTERIDÓFITAS
ARBORESCENTES DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso especialização em projetos sustentáveis, mudanças climáticas e gestão corporativa de carbono do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de especialista.

Orientador: Prof.Me. Alexandre Behling

Co-orientadora: Prof. Dr^a. Ana Paula Dalla Corte

CURITIBA

2014

AGRADECIMENTOS

A Deus, que se fez presente em mais uma etapa concluída em minha vida.

Ao meu marido Jefferson Fuchs pela imensa ajuda na coleta de dados para a realização dessa pesquisa, sem você, do início ao fim, tudo seria mais difícil. Obrigada pelo seu amor, carinho, companheirismo, força e incentivo nesta caminhada.

Ao meu orientador Alexandre Behling, pela compreensão, pelos ensinamentos, dedicação e apoio na realização deste trabalho.

À Professora^{Dr^a} Ana Paula Dalla Corte pela grande contribuição na co-orientação desse trabalho.

Ao Professor Mário Fritsch da Universidade do Contestado (UnC/MAFRA), pelo auxílio na obtenção das densidades básicas e acima de tudo pelos ensinamentos, palavras de incentivo, pelo apoio e pelo grande exemplo, meus sinceros agradecimentos.

À minha colega de trabalho e amiga Luciana Ribeiro de Lima Oliveira pela ajuda na determinação das espécies, pelas sugestões e palavras de incentivo.

À Técnica de Laboratório Veruza Mendonça, pela ajuda nas análises de carbono.

À Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de realizar este estudo.

A todos aqueles que direta ou indiretamente participaram desta conquista. Muito obrigada!

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 MATERIAL E MÉTODOS	8
2.1 Descrição da Área de Estudo.....	8
2.2 Descrição das Espécies	9
2.3 Inventário Florestal	10
2.4 Construção de Equações para Estimativa da Biomassa	11
2.5 Quantificação de Biomassa	14
2.6 Quantificação dos Teores e Estoque de Carbono.....	14
2.7 Dióxido de Carbono Equivalente	15
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
3.1 Inventário Florestal	16
3.2 Densidade Básica Média.....	16
3.3 Quantificação de Biomassa	17
3.4 Seleção das Equações para Estimativa da Biomassa dos Componentes.....	20
3.4.1 Variáveis independentes utilizadas	20
3.4.2 Equação para estimativa da biomassa do fuste	20
3.4.3 Equação para estimativa da biomassa das folhas.....	21
3.4.4 Equação para estimativa da biomassa total	22
3.5 Teores e Estoque de Carbono	23
3.6 Dióxido de carbono equivalente	27
4 CONCLUSÕES	29
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA, ESTOQUE E TEORES DE CARBONO EM DUAS ESPÉCIES DE PTERIDÓFITAS ARBORESCENTES DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Juliana Klostermann Ziemmer¹

Orientador: Prof. Me. Alexandre Behling

Co-orientadora: Prof. Dr^a Ana Paula Dalla Corte

¹Graduada em Ciências Biológicas, Bacharel e Licenciada, Avenida General Plínio Tourinho – 2099 – Bairro Bom Jesus – Rio Negro, PR - juliana_ziemmer@yahoo.br, (47) 88488403

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo quantificar a biomassa, o estoque e os teores de carbono em duas espécies de pteridófitas arborescentes: *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae) e *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin. (Cyatheaceae), ambas de ocorrência natural na formação Floresta Ombrófila Mista (FOM). Este estudo foi desenvolvido na Estação Experimental da Universidade Federal do Paraná, localizada no município de Rio Negro, PR, a qual detém uma área de 7,5 hectares com regeneração natural de xaxins. Foram instaladas 20 parcelas de 50 m² para execução de um inventário florestal. Com base nos dados do inventário, foram selecionados 20 indivíduos de cada espécie para mensuração da biomassa, com finalidade de construir equações de biomassa. Foram testados seis modelos, os quais foram ajustados utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários, a seleção das melhores equações foi feita tomando como base as estatísticas do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) e análise gráfica da distribuição dos resíduos. A partir dos dados de altura e diâmetro da base, obtidos no inventário florestal, foi estimada a biomassa seca dos componentes de cada indivíduo por meio das equações obtidas e posteriormente extrapolou-se os valores de biomassa para a unidade hectare. Ainda, foram determinados os teores de carbono para os componentes da biomassa (fuste, folhas e total) por meio de um analisador de carbono em sólidos (Leco C-144). O estoque de carbono foi obtido por meio da multiplicação do estoque da biomassa de cada componente pelo respectivo teor médio de carbono. Para o estoque total de carbono foi utilizado o teor médio de carbono ponderado. Para *D. sellowiana* o estoque médio de biomassa do componente fuste foi de 29,43 t.ha⁻¹, para folhas 4,34 t.ha⁻¹ e para a biomassa total 32,24 t.ha⁻¹. *C. corcovadensis* obteve média de 2,75 t.ha⁻¹ para fuste, 0,47 t.ha⁻¹ para folhas e 3,53 t.ha⁻¹ para a biomassa total. A média dos teores de carbono para o componente fuste foi de 40,53%; a folhagem obteve média de 38,64%. Considerando todos os componentes, o valor médio ponderado dos teores de carbono foi de 40,28%. O estoque médio total de carbono foi de 13,03 t.ha⁻¹, o que evidencia a importância dessas espécies no sequestro e fixação de carbono e, conseqüentemente, à minimização do aquecimento global.

Palavras-Chaves: xaxim, fixação de carbono, mudanças climáticas.

ABSTRACT

This study aimed to quantify the biomass stocks and carbon contents in two species of arborescent ferns: *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae) and *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin. (Cyatheaceae), both naturally occurring in the formation Araucaria Forest (FOM). This study was conducted at the Experimental Station of the Federal University of Paraná, located in the municipality of Rio Negro, PR, which has an area of 7.5 hectares with natural regeneration of xaxins. 20 plots of 50 m² for execution of a forest inventory were installed. Based on inventory data, were selected 20 individuals of each species to measure biomass, aiming to build biomass equations. Six models were tested, which were adjusted using the method of ordinary least squares, selecting the best equation was made based on the statistics of the adjusted coefficient of determination (R^2_{aj}), standard error of estimate ($S_{yx}\%$) and graphical analysis of distribution of residuals. From the data of height and base diameter, obtained forest inventory was estimated dry biomass of the components of each individual from the obtained equations and then extrapolated the values of biomass for hectare unit. Also, was determined the levels of carbon to biomass components (caudex, leaves and total) using carbon analyzer in solid (Leco C-144). The carbon stock was obtained by multiplying the biomass stock of each component by its average carbon content. For total carbon stock the weighted average carbon content was used. *D. sellowiana* to the average biomass stock caudex component was 29,43 t.ha⁻¹ for leaves and 4,34 t.ha⁻¹ for total biomass 32,24 t.ha⁻¹. *C. corcovadensis* had an average of 2,75 t.ha⁻¹ for caudex, 12,47 t.ha⁻¹ for the leaves and 3,53 t.ha⁻¹ for total biomass. The average of the carbon component to the caudex was 40,53%; the foliage had an average of 38,64%. Considering all the components, the weighted average carbon content was 40,28%. The average total carbon stock was 13,03 t.ha⁻¹, which highlights the importance of these species in the fixation and sequestration and consequently to minimize global warming.

Keywords: xaxim, carbon sequestration, climate change.

1 INTRODUÇÃO

A ação do homem contemporâneo e a exploração descontrolada dos recursos naturais têm contribuído intensamente para o aumento da concentração de gases do efeito estufa (GEE), fenômeno que vem trazendo profundas mudanças nos padrões climáticos do planeta.

Atualmente, seis gases são considerados como causadores do efeito estufa: Dióxido de carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido nitroso (N_2O), Clorofluorcarbonetos (CFCs), Hidrofluorcarbonetos (HFCs), e Hexafluoreto de enxofre (SF_6). Segundo o IPCC (2007), a queima de combustíveis fósseis e as mudanças no uso da terra e florestas são apontados como as duas principais contribuições humanas para a intensificação das mudanças do clima.

Uma das estratégias para diminuir a concentração desses gases é incorporá-los na biomassa vegetal (CAVALLET & PAULA, 2007). Dessa forma, as florestas assumem papel importante na mitigação do aquecimento global, pois absorvem CO_2 da atmosfera por meio da fotossíntese, armazenando grandes quantidades de carbono na biomassa (folhas, galhos, troncos, raízes e matéria morta). De acordo com Watzlawick (2004), as florestas são importantes para o equilíbrio do balanço global de gás carbônico, pois os diferentes tipos de florestas armazenam diferentes quantidades de carbono em função dos estágios de sucessão, da idade, do regime de manejo e da composição de espécies.

A Floresta Ombrófila Mista (FOM), também conhecida como “mata-de-araucária” ou “pinheiral”, cobria originalmente cerca de 200.000 km^2 , em todo Brasil (IBGE 1993), abrangendo principalmente os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Atualmente, encontra-se com escassos remanescentes de vegetação, não chegando a perfazer 5% de sua área original. Sua composição florística é caracterizada pela presença de *Araucaria angustifolia* Kuntze e outros gêneros primitivos como *Drymis* e *Podocarpus* (IBGE, 2012).

O conhecimento da capacidade de absorção de carbono na biomassa florestal, em diferentes tipologias, fornece informações importantes para o

direcionamento das decisões quanto ao manejo e ações que possam contribuir para a conservação das florestas. Por este motivo, cresce cada vez mais o interesse pelos estudos de biomassa e conteúdo de carbono em florestas (SILVEIRA, 2008). De acordo com Sanquetta (2002), um dos aspectos mais relevantes nos estudos de fixação de carbono em florestas é a variável biomassa, a qual precisa ser determinada e estimada de forma confiável, caso contrário não haverá consistência na quantificação do carbono fixado nos ecossistemas florestais.

Em geral, estudos sobre fixação de carbono estão direcionados para espécies florestais arbóreas, ocorrendo que alguns grupos de plantas são pouco considerados, como é o caso das Pteridófitas, as quais compõem um importante grupo de organismos da flora. As Pteridófitas apresentam aspectos ecológicos bem diversificados, incluindo plantas terrícolas, epífitas, rupícolas, aquáticas e escandentes; variam desde plantas minúsculas com alguns milímetros de comprimento até plantas com 20 metros de altura, como é o caso dos xaxins (LEHN *et al.* 2002).

Os xaxins ou samambaias arborescentes diferenciam-se das outras pteridófitas por apresentarem caule ereto, cilíndrico, lignificado, geralmente emaranhado com raízes adventícias; suas frondes (folhas) formam uma roseta no ápice, podendo atingir alguns metros de comprimento. As famílias Dicksoniaceae e Cyatheaceae apresentam o maior número de espécies com essa tipologia (PEREIRA, 2003).

Este estudo teve como objetivo quantificar a biomassa, o estoque e os teores de carbono em duas espécies de Pteridófitas arborescentes: *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae) e *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin (Cyatheaceae), ambas de ocorrência natural na formação Floresta Ombrófila Mista.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área de estudo

O presente estudo foi realizado na Estação Experimental de Rio Negro, da Universidade Federal do Paraná, no Estado do Paraná, localizada no município de Rio Negro, PR, distrito de Tijuco Preto, na latitude 26°06 sul e longitude 49°47 oeste e altitude média de 780 m (Figura 1). A Estação Experimental possui uma área de 127,52 ha com florestas naturais, reflorestamentos, campos, pastagens e outros usos do solo (SANTOS, 2006). Em 1967 foi implantado um povoamento de *Araucaria angustifolia* Kuntze, em uma área de 1,4 hectares apresentando em seu sub-bosque, regeneração natural de xaxins.

A tipologia vegetal da área corresponde à formação Floresta Ombrófila Mista. Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), sem estação seca severa, com verões frescos, e invernos com geadas frequentes. Os solos da estação se dividem em dois grandes grupos, os latossolos arenosos e os solos hidromórficos (DOHBNR JUNIOR; VAGAES; HIGA, 2013).

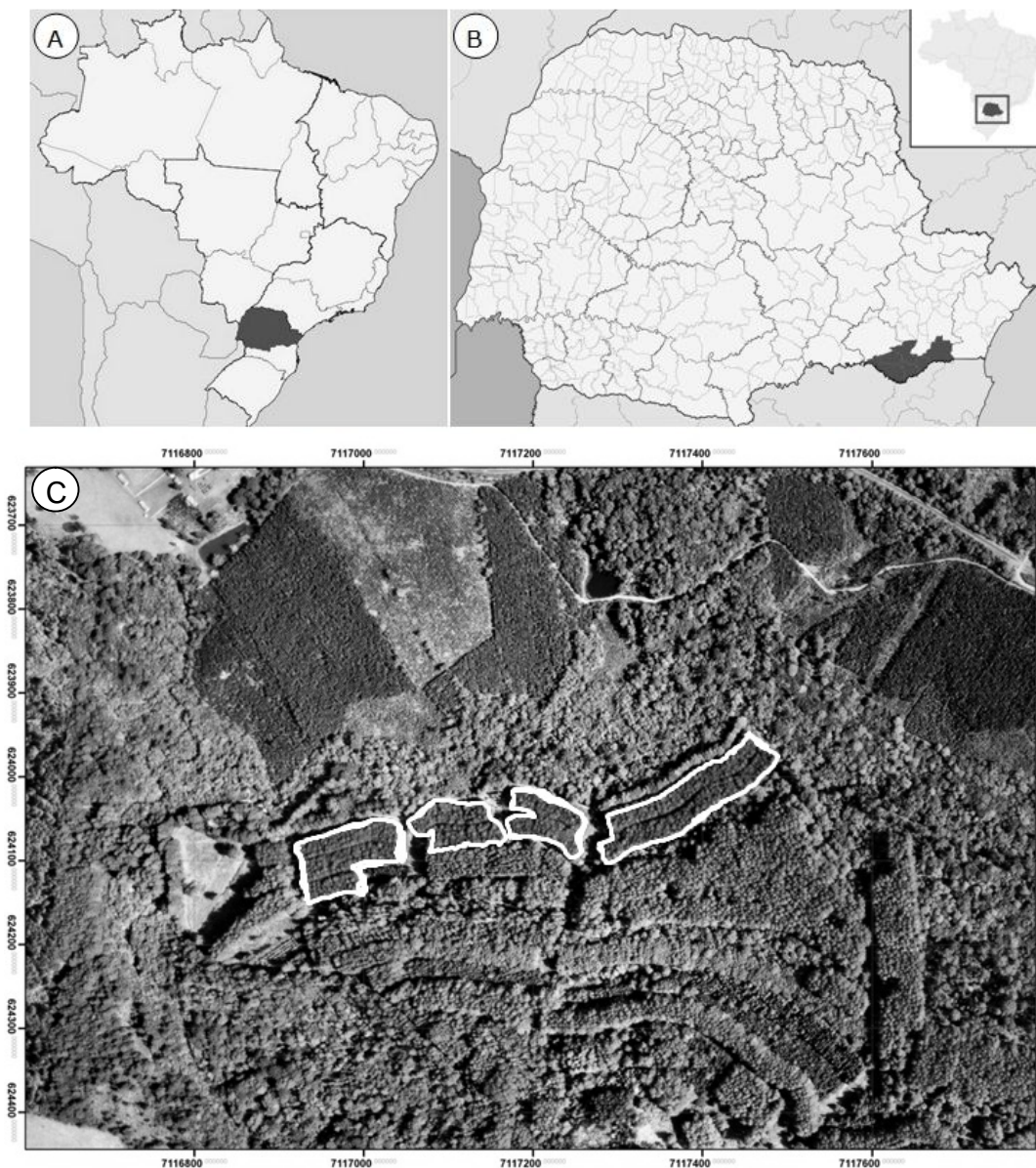


Figura 1 - Localização da área de estudo. (A) Estado do Paraná; (B) Município de Rio Negro – PR; (C), Vista aérea do fragmento

2.2 Descrição das espécies

A espécie *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae), popularmente conhecido como xaxim-verdadeiro ou xaxim-bugio, é uma pteridófita arborecente, que possui caule geralmente ereto, com densos tricomas e raízes adventícias que ocorrem da base até próximo do ápice (fuste). Ela pode atingir até 10 m de altura e suas folhas bipinadas variam de 1 a 5 metros (MANTOVANI,

2004). Ocorre naturalmente desde a Guatemala até a Venezuela e Equador (SEHNEM, 1878), no Brasil ocorre nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (MANTOVANI, 2004). Essa espécie está incluída na Lista Oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção pela Portaria nº 06 do IBAMA.

A espécie *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin (Cyatheaceae), conhecida comumente como xaxim-de-espinho, apresenta fuste com até 5 m de altura e folhas que podem atingir até 3 m de comprimento, folhas bipinadas, base do pecíolo resistente apresentando muitos espinhos (NEUMANN, 2010). No Brasil, ocorre nos estados de Pernambuco, Bahia, Alagoas, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (HIRAI e PRADO, 2014). A espécie está na lista de espécies da flora ameaçada de extinção do Estado Rio Grande do Sul, na categoria em perigo (SEMA, 2007).

2.3 Inventário florestal

Para a realização do inventário florestal foram instaladas 20 parcelas com área de 50 m² de forma aleatória, totalizando uma área amostral de 1.000 m². Um receptor de GPS, Modelo GPSmap 60CSx Garmim, foi utilizado para o registro da localização das parcelas (Figura 2).

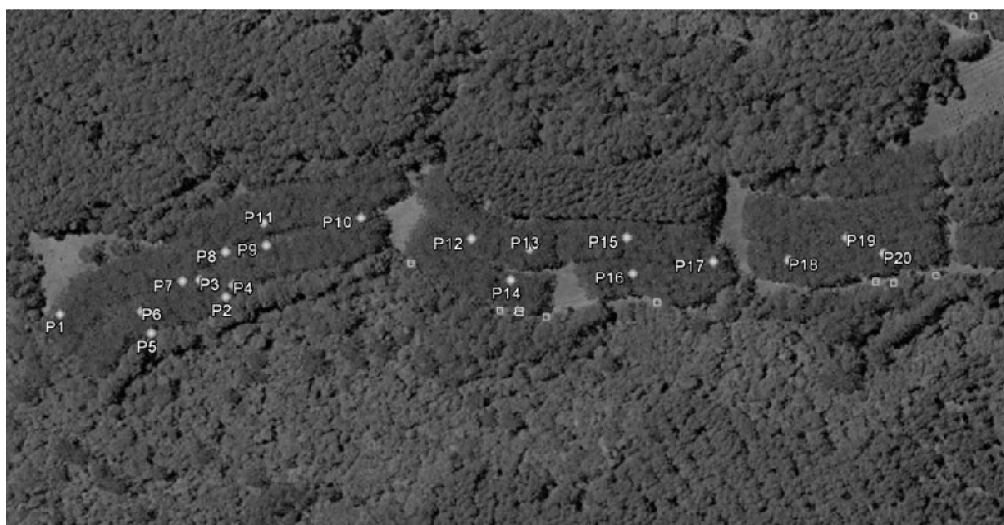


Figura 2 - Posicionamento das parcelas (P) no fragmento
Fonte: Google Earth (2013)

Em cada parcela foram mensuradas as seguintes variáveis dendrométricas: altura total, altura comercial, DAP (diâmetro à altura do peito) e diâmetro ao longo do fuste (base, meio e topo). As medidas foram tomadas com auxílio de vara graduada e suta, respectivamente (Figura 3).



Figura 3 – Mensuração do diâmetro da base das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

2.4 Construção de equações para estimativa da biomassa

Em virtude das restrições de ordens legais e operacionais, a estimativa da biomassa foi realizada pelo método não destrutivo.

Com base nos dados obtidos no inventário florestal, foram selecionados 40 indivíduos, sendo 20 de cada espécie. Os indivíduos de *D. sellowiana* foram selecionados proporcionalmente em relação às classes de altura (Figura 4), pois nem todos os exemplares apresentaram DAP. Para cada classe de altura foram selecionados dois indivíduos, com exceção da classe de maior frequência, na qual foram selecionados três.

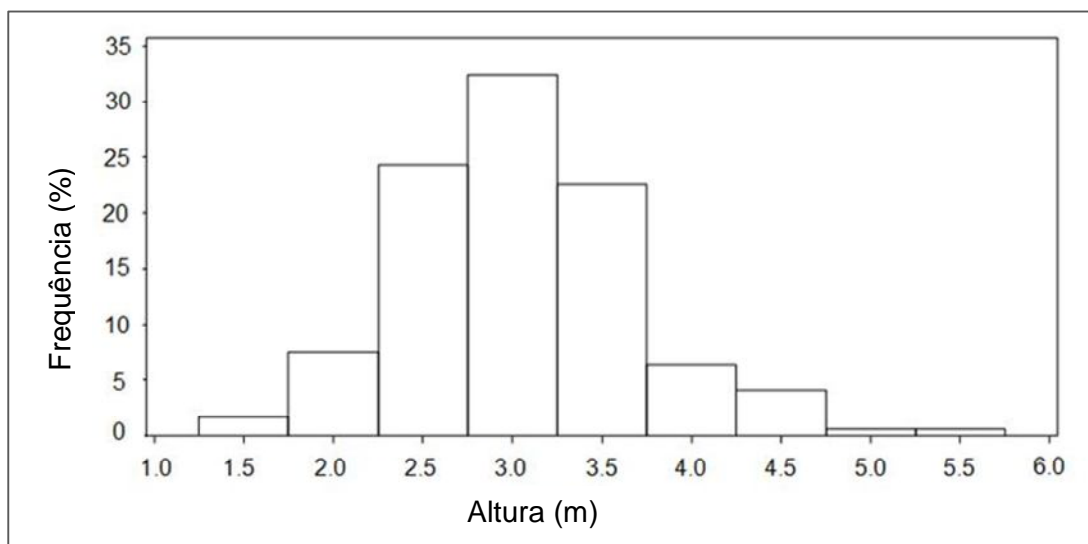


Figura 4 - Distribuição da altura para a espécie *Dicksonia sellowiana* em área de ocorrência natural na Floresta Ombrófila Mista

Para *C. corcovadensis* foram observados no inventário florestal somente 20 indivíduos, cuja altura variou entre 1,77 m a 4,48 m, os quais foram selecionados para a quantificação da biomassa.

A determinação da biomassa do fuste para cada indivíduo foi obtida multiplicando-se o volume do fuste por sua densidade básica média. Para determinação do volume foram tomados diâmetros do fuste em três posições (base, meio e topo). O volume do fuste foi obtido utilizando o método de Smalian descrito por Sanquetta (2002).

Para a obtenção da densidade básica foi utilizado o procedimento de imersão em água, descrito pela norma NBR 11941/2003 (ABNT, 2003). Em consequência da impossibilidade de cortar os indivíduos, foram retiradas amostras do fuste nas posições base e topo com auxílio de um trado. Para cada indivíduo considerou-se o valor médio da densidade básica obtido nas duas posições.

Para a determinação da biomassa das folhas, foi procedida a contagem do número de folhas de cada indivíduo, e em seguida, coletado seis folhas em diferentes posições da copa (base, meio e ápice) e em direções opostas. O peso verde das folhas foi obtido com balança eletrônica com capacidade de 20 kg. Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa com renovação de ar a 70°C

para secagem até peso constante. Com base nos valores de peso verde e peso seco foi possível obter estimativas da biomassa seca das folhas, e com isso um peso médio de cada folha. A obtenção da biomassa das folhas por indivíduo foi obtida multiplicando-se o peso médio da folha pelo número de folhas contadas.

Para o ajuste dos modelos de estoque individual de biomassa, foi utilizado como variável dependente a biomassa seca (kg) individual dos componentes, e como variável independente o diâmetro da base (cm) e a altura total (m), com suas combinações e transformações. O ajuste das equações para estoque de biomassa foi realizado para seis modelos selecionados na literatura, os quais estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 - Modelos matemáticos testados para ajuste de equações de biomassa

Modelo	
1	$w = a + b(d^2h) + e_i$
2	$w = a + b(d^2) + e_i$
3	$w = a + b(d) + e_i$
4	$\ln(w) = a + b(\ln(d)) + c(\ln(h)) + e_i$
5	$\ln(w) = a + b \ln(d^2h) + e_i$
6	$\ln(w) = a + b(\ln(d)) + c(\ln(h)) + d(d^2h) + e_i$

Onde: w = biomassa seca individual (kg) de um dado componente da biomassa; a, b, c = coeficientes a serem ajustados; log = logaritmo na base neperiana; ei = erro aleatório associado; d = diâmetro da base (cm), h = altura total (m)

O ajuste das equações foi realizado pelo método dos mínimos quadrados ordinários utilizando o *software Microsoft Office Excel 2007*. As melhores equações de regressão foram selecionadas a partir dos seguintes critérios estatísticos: maior coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), menor erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) e melhor distribuição gráfica dos resíduos. Após uma análise de covariância (SCHNEIDER *et al.*, 2009) foi observado que não seria necessário utilizar uma equação individual para cada espécie. Sendo assim, os ajustes foram feitos tomando os 40 pares de dados.

Os valores de biomassas obtidos por equações logarítmicas foram corrigidos pelo Índice de Meyer (IM). A partir disso as estatísticas R^2_{aj} e $S_{yx}\%$

foram recalculadas, permitindo a comparação das equações de natureza aritmética e logarítmica.

2.5 Quantificação de biomassa

A partir dos dados de altura e diâmetro da base, obtidos no inventário florestal, foi estimada a biomassa seca dos compartimentos de cada indivíduo por meio das equações obtidas. A biomassa em $t\ ha^{-1}$ foi extrapolada utilizando-se a seguinte equação:

$$Bi = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{A_i}$$

Em que:

Bi = biomassa seca de um dado componente ou total, em toneladas;

$\sum_{i=1}^n b_i$ = somatório da biomassa de todos os indivíduos que compunham uma determinada parcela, em toneladas;

A_i = área de uma determinada parcela, em hectares.

2.6 Quantificação dos teores e estoque de carbono

Devido à impossibilidade de cortar os indivíduos, as amostras para análise de carbono do fuste, foram retiradas com auxílio de um trado, sendo duas amostras da base e duas abaixo do ponto de inversão morfológica. De acordo com Oshiro (2010), a utilização do Trado de Pressler para a coleta de amostras florestais para análise de teores de carbono é uma alternativa não agressiva e que deve ser utilizada em detrimento do sistema de amostragem destrutivo. Para análise do teor de carbono das folhas, foram utilizadas amostras de aproximadamente 200 gramas por indivíduo, proveniente das coletas para estimativa da biomassa.

O material coletado foi seco em estufa de circulação e renovação de ar a $75\ ^\circ C$ até atingir o peso constante. Após este processo as amostras foram moídas

em moinho Willey, e em seguida foi realizada a determinação dos teores de carbono por meio de um analisador de carbono em sólidos (Leco C-144) no Centro de Excelência em Pesquisas sobre Fixação de Carbono na Biomassa da Universidade Federal do Paraná.

Os dados de carbono foram submetidos à análise de variância (utilizando o modelo para o delineamento inteiramente casualizado). Os fatores de estudo considerados foram: espécie, componente da biomassa (fuste e folhas) e sua interação. Foram testadas as pressuposições da análise de variância, por meio do teste de Bartlett e assim verificou-se a necessidade de transformação dos teores de carbono para X^2 .

O estoque de carbono foi calculado para os componentes: folhas, fuste e total. O estoque de carbono foi obtido por meio da multiplicação do estoque da biomassa de cada componente (fuste, folhas e total) pelo respectivo teor médio de carbono. Para o estoque total de carbono foi utilizado o teor médio de carbono ponderado, uma vez que os componentes com mais biomassa devem participar com mais peso na média.

2.7 Dióxido de carbono equivalente

Como se sabe, para a comercialização de créditos de carbono é necessário fazer a conversão do carbono orgânico acumulado na biomassa para um valor que corresponda ao dióxido de carbono (CO_2 equivalente). A possibilidade de geração dos créditos de carbono por meio da atividade florestal é um mecanismo de interesse de muitos países, tendo aplicação em diversos projetos, como por exemplo, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), REDD e REDD+ (redução de emissões por desmatamento e degradação evitados), NAMA (ação nacional apropriada de mitigação), pagamentos por serviços ambientais, bolsas verdes e outros.

A conversão de tC.ha (toneladas de carbono por hectare) para tCO_2 .ha (toneladas de dióxido de carbono por hectare) foi calculado pela multiplicação do carbono orgânico pelo fator de expansão 3,67 (PERSON, 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Inventário florestal

Foram mensurados 193 indivíduos nas 20 parcelas instaladas. *D. sellowiana* apresentou maior densidade de indivíduos por hectare, (172 ind.hectare) em relação à espécie *C. corcovadensis* (21,05 ind./hectare). Na Tabela 2 é apresentado um resumo das principais medidas dendrométricas obtidas no inventário.

Tabela 2 – Resumo das variáveis dendrométricas obtidas no inventário florestal das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em fragmento de Floresta Ombrófila Mista.

Espécie	DB (cm)			DT (cm)			HF (m)			HT (m)		
	MÍN	\bar{X}	MÁX	MÍN	\bar{X}	MÁX	MÍN	\bar{X}	MÁX	MÍN	\bar{X}	MÁX
<i>D. sellowiana</i>	11.3	28.9	49.5	10	21.6	41.5	0.89	1.6	3.45	1.3	3.0	5.56
<i>C. corcovadensis</i>	15.2	20.5	38.6	15	20.3	28.6	0.9	1.2	2	1.77	2.4	4.48

Onde: DB= diâmetro da base; DT= diâmetro do topo; HF= altura do fuste; HT= altura total; MÍN= mínimo; \bar{X} = média; MÁX= máximo

3.2 Densidade Básica Média

Na Tabela 3 é apresentado as estatísticas descritivas da densidade básica média para as duas espécies. A densidade básica média de *D. sellowiana* variou entre 125,37 kg.m³ a 212,71 kg.m³ e média de 169,68 kg.m³. Já para a espécie *C. corcovadensis* a variação foi entre 104,09 kg.m³ a 204,94 kg.m³ e média de 162,70 kg.m³.

Tabela 3 – Densidade básica média (kg.m³) das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em fragmento de Floresta Ombrófila Mista

	<i>D. sellowiana</i>	<i>C. corcovadensis</i>
Média	169.68	162.70
Erro padrão	5.68	5.79
Desvio padrão	25.39	25.91
Variância da amostra	644.57	671.12
Mínimo	125.37	104.09
Máximo	212.71	204.94

3.3 Quantificação de biomassa

A biomassa seca total média dos 40 xaxins foi de 16,05 kg, com variação de 2,15 a 57,87 kg (Tabela 4). Miranda *et al.* (2012) ao estudarem a biomassa de *Euterpe oleracea* Mart., encontraram valores médios de 19,06 kg de biomassa seca total.

Tabela 4 - Estatística descritiva da biomassa individual de cada componente de *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Estatística	Fuste (kg)	Folhas (kg)	Total (kg)
Média	13,83	2,22	16,05
Erro padrão	1,83	0,28	2,07
Desvio padrão	11,59	1,78	13,07
Variância	134,23	3,16	170,84
Intervalo	50,69	7,48	55,71
Mínimo	1,13	0,26	2,15
Máximo	51,82	7,74	57,87

De acordo com Pellizzaro (2009), em formações florestais, as proporções de biomassa da parte aérea de espécies arbóreas apresentam-se sempre em maior quantidade no caule, seguidas de galhos e folhas. Neste estudo, o estoque individual de biomassa seca para a espécie *D. sellowiana* se distribuiu nas seguintes proporções: fuste 85,32% e folhas 14,68; *C. corcovadensis* obteve distribuição de 88,11% para fuste e 11,89 para folhas (Figura 5).

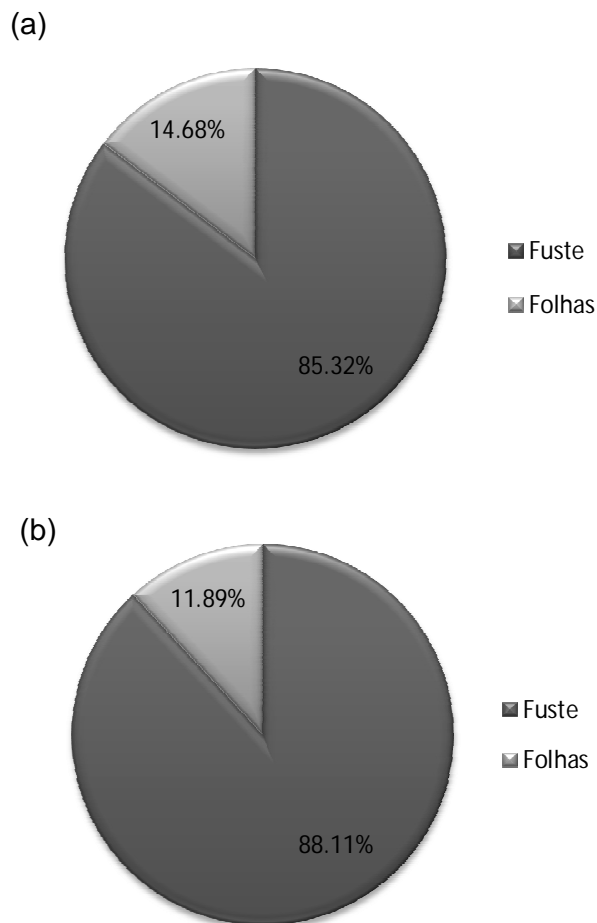


Figura 5 – Distribuição da biomassa de *D. sellowiana* (a) e *C. corcovadensis* (b) situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Urbano (2007) estudando bracatingas nativas da região metropolitana de Curitiba encontrou valores para massa seca de 69,82% para o fuste, 11,51% para galhos (com diâmetro maior que 4 cm) , 5,57% para as folhas e 3,83% para galhos mortos. Miranda (2008), em um estudo sobre espécies em área de restauração florestal com diferentes idades, encontrou como teor de massa seca, num grupo de espécies, a seguinte ordem: galhos (38,7%), fuste (28,8%), raízes (20,1%), folhagens (7,2%) e casca (5,3%).

Na Tabela 5 estão apresentadas as estatísticas descritivas da biomassa por hectare para as duas espécies. *D. sellowiana* obteve maior média, sendo 29,43 t.ha⁻¹ para a biomassa do fuste, 4,34 t.ha⁻¹ para folhas e 32,24 t.ha⁻¹ para a

biomassa total. *C. corcovadensis* obteve média de 2,75 t.ha⁻¹ para fuste, 0,47 t.ha⁻¹ para folhas e 3,53 t.ha⁻¹ para a biomassa total.

Tabela 5 – Estatística descritiva da biomassa por hectare (t.ha⁻¹) das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Estatística	<i>Dicksonia sellowiana</i>			<i>Cyathea corcovadensis</i>		
	BC	BF	BT	BC	BF	BT
Média	29,43	4,34	32,24	2,75	0,47	3,53
Erro padrão	1,87	0,28	2,67	0,52	0,07	0,63
Desvio padrão	8,36	1,22	11,94	1,79	0,26	2,08
Variância da amostra	69,95	1,49	142,71	3,22	0,06	4,33
Intervalo	35,08	4,97	55,71	6,62	0,92	7,61
Mínimo	15,28	2,29	1,87	0,76	0,13	0,95
Máximo	50,36	7,26	57,58	7,38	1,06	8,57

Onde: BC= biomassa do fuste; BF= biomassa das folhas e BT= Biomassa total

A distribuição da biomassa por hectare entre as duas espécies seguiu padrão semelhante. O componente fuste apresentou maior fração de biomassa com valores entre 85 e 87%. O componente folha contou com valores entre 13 e 15% da biomassa. Vieira *et al.* (2012) ao estudarem a biomassa em um povoamento de *Eucalyptus urograndis* obtiveram biomassa acima do solo de 18,5 Mg ha⁻¹, sendo o fuste a fração que apresentou maior biomassa (37,0 % do total), seguido de galhos (34,2 %), folhas (21,3%) e casca (7,6 %).

Em um estudo conduzido por Schumacher *et al.* (2002), com a espécie exótica *Pinus taeda* L., o acúmulo da biomassa num povoamento aos 20 anos de idade foi de 203,3, 10,9, 47,7 e 8 t.ha⁻¹, para as frações madeira, casca, galhos e acículas respectivamente, totalizando 270 t.ha⁻¹. Na Floresta Ombrófila Mista Montana, Caldeira (2003) encontrou um total de 280,73 t.ha⁻¹ de biomassa, sendo que, da biomassa acima do solo, 75% era representado por árvores com DAP maior do que 10 cm, e 7,8% pelas árvores abaixo de 10 cm, 14,4% eram representados pelas raízes, e 2,8% pela biomassa acumulada na serapilheira.

Os resultados de vários estudos mostram que o conteúdo de biomassa não segue uma lógica, podendo ser variável de acordo com as características próprias de cada espécie.

3.4 Seleção das equações para estimativa da biomassa dos componentes

3.4.1 Variáveis independentes utilizadas

As estatísticas descritivas das variáveis independentes utilizadas nos ajustes das equações estão descritas na Tabela 6.

Tabela 6 - Estatística descritiva para as variáveis diâmetro da base e altura total das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Estatística	<i>Cyathea corcovadensis</i>		<i>Dicksonia sellowiana</i>	
	d Base (cm)	Altura total (m)	d Base (cm)	Altura total (m)
Média	20,55	2,42	28,87	3,01
Erro padrão	1,29	0,12	0,59	0,05
Desvio padrão	5,77	0,55	7,70	0,65
Variância da amostra	33,32	0,31	59,23	0,43
Intervalo	23,40	2,71	38,20	4,26
Mínimo	15,20	1,77	11,30	1,30
Máximo	38,60	4,48	49,50	5,56

3.4.2 Equação para estimativa da biomassa do fuste

As 6 equações ajustadas apresentaram erro-padrão da estimativa variando de 38,81% a 130% e coeficiente de determinação ajustado variando de 0, 589 a 0, 824. O menor erro padrão e o maior coeficiente de determinação ajustado foram obtidos pela equação 6 (Tabela 7), que teve como variável independente o diâmetro da base (d), a altura total (h) e a variável combinada (d^2h). Essa equação também apresentou uma adequada distribuição dos resíduos (Figura 6).

Tabela 7 – Resultado do ajuste de equações para o componente fuste das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Equações	Estatística	
	R^2_{aj}	$S_{yx}\%$
1 $w = -13,2336 + 1,10901(d^2h) + e_i$	0,713	44,81
2 $w = 0,583162 + 0,020061(d^2) + e_i$	0,589	53,68
3 $w = 3,926295 + 0,004652(d) + e_i$	0,598	53,08
4 $\ln(w) = -2,97826 + 1,334887(\ln(d)) + 1,135274 + e_i$	0,822	43,68
5 $\ln(w) = -3,51051 + 0,0803879 \ln(d^2h) + e_i$	0,817	130,00
6 $\ln(w) = -3,88913 + 1,604493(\ln(d)) + 1,361082(\ln(h)) + -0,00007(d^2h) + e_i$	0,824	38,81

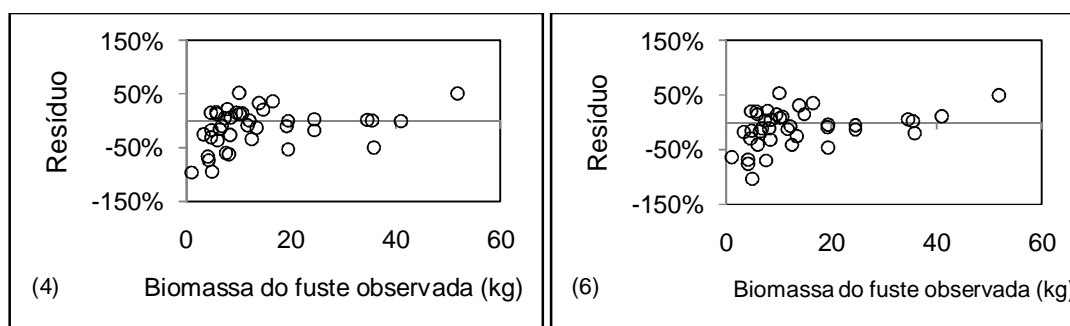


Figura 6 – Distribuição de Resíduos das duas melhores equações para biomassa do fuste das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em fragmento de Floresta Ombrófila Mista

3.4.3 Equação para Estimativa da Biomassa das Folhas

Para a folhagem, a maioria das equações ajustadas não apresentou bons resultados, revelando baixo coeficiente de determinação ajustado e alto erro padrão da estimativa. Para o coeficiente de determinação foram encontrados valores entre 0,495 e 0,595. O erro padrão da estimativa variou entre 50 e 64% (Tabela 8). Miranda (2008), ao estudar a biomassa seca de folhas em áreas de restauração ambiental encontrou valores para o coeficiente de determinação entre 0,3276 e 0,8198, respectivamente para espécies de crescimento médio e lento.

Além dos baixos índices de ajustes, no geral, as equações geraram tendências a sub ou super-estimativas, assim os melhores modelos foram escolhidos pela análise gráfica dos resíduos. A melhor equação ajustada para a

estimativa da biomassa das folhas foi a equação 4, apesar de apresentar estatísticas imprecisas.

Tabela 8 – Resultado do ajuste de equações para o componente folhas das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Equações	Estatística	
	R^2_{aj}	$S_{yx}\%$
1w = 0,83184 + 0,000654 (d^2h) + e_i	0,595	50,84
2w = 0,289811 + 0,002929 (d^2) + e_i	0,531	54,70
3w = -1,73481 + 0,162219 (d) + e_i	0,541	54,09
4 $\ln(w) = -4,67868 + 1,410236 (\ln(d)) + 0,735023 (\ln(h)) + e_i$	0,508	51,00
5 $\ln(w) = -4,71236 + 0,713787 \ln(d^2h) + e_i$	0,521	50,00
6 $\ln(w) = -4,3625 + 1,316652 (\ln(d)) + 0,656641 (\ln(h)) + 0,000026 (d^2h) + e_i$	0,495	64,00

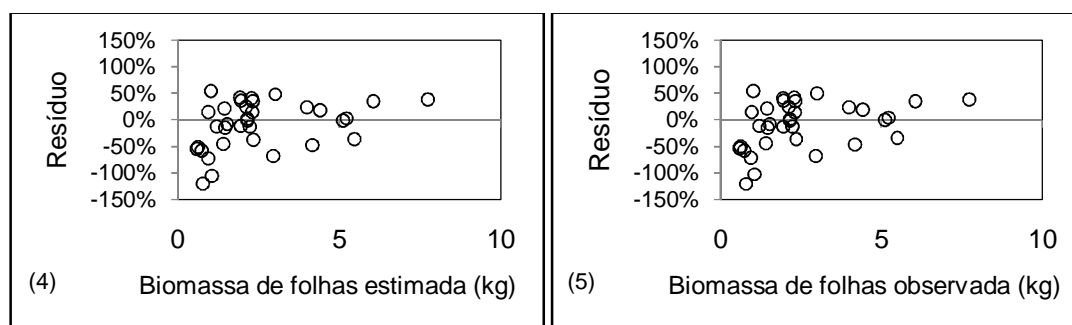


Figura 7 – Distribuição de Resíduos das duas melhores equações para biomassa das folhas das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

3.4.4 Equação para Estimativa da Biomassa Total

Os melhores modelos para estimativa da biomassa total foram os modelos 4, 5 e 6. Os valores de erro-padrão da estimativa variaram entre 38 e 50,91% e coeficiente de determinação ajustado entre 0,609 e 0,827 (Tabela 9). O modelo para estimativa da biomassa total foi escolhido em função da análise gráfica dos resíduos, sendo assim, a equação 6 apresentou resultados mais satisfatórios (Figura 8).

Tabela 9 – Resultado do ajuste de equações para a biomassa total das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Equações	Estatística	
	R^2_{aj}	$S_{yx}\%$
1 $w = -14,9688 + 1,271244 (d^2h) + e_i$	0,730	50,27
2 $w = 0,872696 + 0,022991 (d^2) + e_i$	0,609	50,91
3 $w = 4,757943 + 0,00506 (d) + e_i$	0,618	42,29
4 $\ln(w) = -2,65717 + 1,310227 (\ln(d)) + 1,05658 (\ln(h)) + e_i$	0,827	40,00
5 $\ln(w) = -3,11391 + 0,772194 \ln(d^2h) + e_i$	0,824	41,00
6 $\ln(w) = -3,17038 + 1,462132 (\ln(d)) + 1,183807 (\ln(h)) + 0,00004(d^2h) + e_i$	0,824	38,00

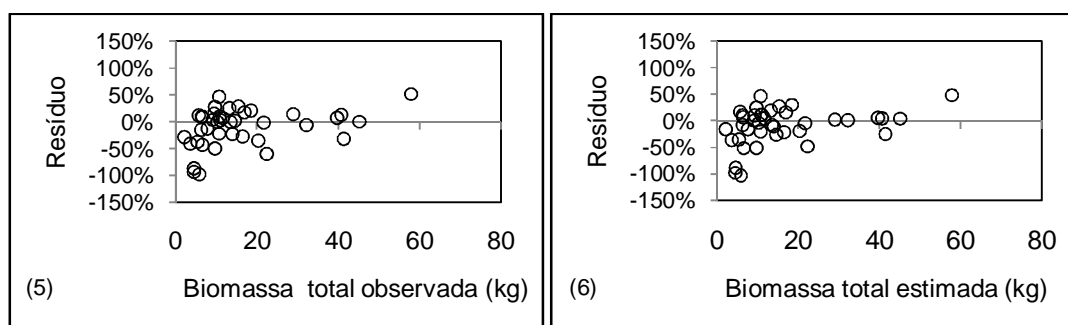


Figura 8 – Distribuição de Resíduos das duas melhores equações para biomassa total das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

3.5 Teores e Estoque de Carbono

Os resultados dos teores de carbono dos 40 indivíduos amostrados estão apresentados em forma de análise descritiva na Tabela 10. A média para o componente fuste foi de 40,53% com valores mínimos e máximos de 38,44 e 42,13% respectivamente. Já o componente folha obteve média de 38,64% do teor de carbono, com porcentagem mínima de 34,07% e máxima de 42,01%. Considerando todos os componentes, o valor médio ponderado dos teores de carbono foi de 40,28%.

Tabela 10 – Teores de carbono das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Estatística	Fuste	Folhas
Média	40,53	38,64
Erro padrão	0,12	0,25
Desvio padrão	0,81	1,59
Variância da amostra	0,67	2,55
Intervalo	3,68	7,94
Mínimo	38,44	34,07
Máximo	42,13	42,01

Para avaliar as possíveis diferenças entre os teores de carbono dos diferentes componentes avaliados e entre as diferentes espécies, realizou-se a Análise de Variância (ANOVA). Os resultados da ANOVA estão representados na Tabela 11.

Tabela 11 - Análise de variância do teor de carbono das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Fonte de variação	GL	QM
Espécie	1	270927,68**
Componente	2	256433,09**
Espécie x Componente	2	22890,32 ^{ns}

Onde: ** = significativo a 1% de probabilidade e ns = não significativo a 1% de probabilidade.

O Teste de Tukey revelou que os componentes fuste e total possuem valor mais elevado comparando ao componente folha. Machado *et al.* (2006), analisando o carbono fixado em *Mimosa scabrella*, constatou a existência de diferença estatística entre as folhas e os demais componentes. Em relação às espécies, o teste também apresentou diferenças significativas nos teores de carbono (Tabela 12). Tais diferenças podem ser explicadas pelas características exclusivas de cada espécie, como por exemplo, sua adaptação às condições edafoclimáticas. Apesar de inseridas no mesmo ambiente, cada espécie se comporta de forma diferenciada, o que pode influenciar no crescimento e na incorporação de carbono na biomassa das plantas.

Tabela 12 - Teste de Tukey do teor de carbono das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Componente	Média	Grupo
Fuste	40,53	a
Total	40,28	a
Folhas	38,64	b
Espécie	Média	Grupo
<i>D. sellowiana</i>	40,42	a
<i>C. corcovadensis</i>	39,21	b

Onde: letras distintas na coluna indica que os fatores diferem entre si a 1% de probabilidade conforme o teste de Tukey.

Watzlawick *et al.* (2011) estudando a variação dos teores de carbono em espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista, observou uma heterogeneidade nos teores de carbono entre os componentes, encontrando os seguintes valores: folhagem 42,30%, galho morto 41,24%, madeira do fuste 41,76%, galho vivo 40,61 e casca 37,97%. Weber *et al.* (2006) analisando os teores de carbono em seis espécies naturais da Floresta Ombrófila Mista, constataram maior teor de carbono na porção folhas (44,2%). Machado *et al.* (2006) avaliando os teores de carbono da espécie *Mimosa scabrella* Benth obteve média dos teores de carbono de 45,46% para folhas e 43,68 para fuste.

Saidelles *et al.* (2008) avaliando os teores de carbono em *Acacia mearnsii* De Wild., no Rio Grande do Sul, constataram diferença significativa nos teores das folhas, sendo que os demais componentes não apresentaram diferença significativa. Os teores de carbono encontrados nesse trabalho, comparativamente com outros trabalhos citados, comprovam que dificilmente existem teores que ultrapassem valores de 50% e que assim como nas espécies arbóreas nativas os teores de carbono encontrados em samambaias arborescentes encontram-se em proximidade.

As estatísticas descritivas dos valores de estoque individual de carbono para as duas espécies estão apresentadas na Tabela 13. *D. sellowiana* obteve estoque médio de carbono individual de 6,89 kg para fuste, 0,97 kg para folhas e o total de 7,89 kg. *C. corcovadensis* apresentou estoque médio de carbono individual de 3,34 kg para fuste, 0,50 kg para folhas, e um total de 3,91 kg.

Tabela 13 – Estoque individual de carbono das *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Componente	Carbono Total Individual (kg)							
	<i>Dicksonia sellowiana</i>				<i>Cyathea corcovadensis</i>			
	Média	Erro Padrão	Mín.	Máx.	Média	Erro Padrão	Mín.	Máx.
Fuste	6,89	0,24	0,68	16,58	3,34	0,38	1,45	8,08
Folha	0,97	0,03	0,15	2,56	0,50	0,05	0,27	1,26
Total	7,89	0,28	0,92	19,94	3,91	0,42	1,83	9,38

A distribuição do estoque individual de carbono nos compartimentos seguiu padrão semelhante ao da biomassa seca: 88% no fuste e 12% nas folhas para *D. sellowiana* e 87% no fuste e 13% nas folhas para *C. corcovadensis*.

A Tabela 14 apresenta os estoques de biomassa e carbono (t.ha^{-1}) para as espécies avaliadas. A capacidade de fixação de carbono de *D. sellowiana* atingiu $11,92 \text{ t.ha}^{-1}$, *C. corcovadensis* chegou a $1,11 \text{ t.ha}^{-1}$, ambas totalizaram $13,03 \text{ t.ha}^{-1}$.

Tabela 14 – Estoque de biomassa e carbono (t.ha^{-1}) das espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Componente	<i>Dicksonia sellowiana</i>		<i>Cyathea corcovadensis</i>	
	Biomassa (t.ha^{-1})	Carbono (t.ha^{-1})	Biomassa (t.ha^{-1})	Carbono (t.ha^{-1})
Fuste	29,43	11,92	2,75	1,11
Folhas	4,34	1,67	0,47	0,18
Total	32,24	12,98	3,53	1,42

Em um estudo sobre reflorestamentos de matas ciliares no sudoeste paulista, com idades entre 1 e 28 anos em diferentes tipos de solos, Melo e Durigan (2006) encontraram estoques de carbono na parte aérea das árvores variando entre 0,6 e $149,0 \text{ tC.ha}^{-1}$.

Em plantações de *Acacia mearnsii* com 6 anos de idade, Caldeira *et al.* (2003) encontrou os seguintes valores para o estoque de carbono fixado (tC.ha^{-1}): folhas 3,43, galhos mortos 1,38, galhos vivos 6,29, casca 3,01, fuste 36,63 e raízes 5,02.

Mognon (2011), ao avaliar a dinâmica do estoque de carbono em diferentes grupos da Floresta Ombrófila Mista Montana, observou que o grupo das araucárias (*Araucaria angustifolia*) manteve maior representatividade no estoque de carbono fixado, pois no ano de 1999 correspondia a 26,55 t.ha⁻¹, passando para 28,82 t.ha⁻¹. Já no grupo das Canelas, a espécie *Ocotea porosa* foi a mais representativa, sendo que em 1999 correspondia a 21,71 t.ha⁻¹, finalizando com 22,55 t.ha⁻¹.

A literatura mostra que o estoque de carbono na biomassa varia em função da idade. Para efeitos comparativos, é fundamental ter o conhecimento da idade da espécie pesquisada (fato não observado no presente estudo), pois proporciona uma melhor condição de comparação dessa dinâmica.

3.6 Dióxido de carbono equivalente

Na estimativa do CO₂ equivalente, seguiu-se a mesma tendência dos valores apresentados para a biomassa do fragmento. *D. sellowiana* apresentou sequestro de CO₂ equivalente a 47,63 t.ha⁻¹, distribuída nos seguintes percentuais: 88% fuste e 12% folhas. *C. corcovadensis* obteve média de 5,21 t.ha⁻¹, com proporções de 86% para fuste e 14% para folhas (Tabela 15).

Tabela 15 – Estoque de carbono equivalente (CO₂ Eq.) para as espécies *D. sellowiana* e *C. corcovadensis*, situadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Componente	<i>Dicksonia sellowiana</i>	<i>Cyathea corcovadensis</i>
	CO ₂ Eq. (t.ha ⁻¹)	CO ₂ Eq. (t.ha ⁻¹)
Fuste	43,74	4,07
Folhas	6,12	0,66
Total	47,63	5,21

Os valores de CO₂ equivalente poderão ser usados como referência para estabelecimento de projetos REDD+, mecanismo que permite a remuneração daqueles que mantêm suas florestas em pé, conferindo um valor econômico à quantidade de carbono que a área preservada acumula em suas partes vegetais.

Nota-se a importância desse estudo para Floresta Ombrófila Mista, que se encontra com poucos fragmentos preservados, os quais poderiam ser passíveis de estabelecimento dos projetos de carbono.

4 CONCLUSÕES

- A biomassa encontrada nos xaxins do fragmento estudado apresentou um total de 35,77 t.ha⁻¹. *D. sellowiana* obteve estoque médio de biomassa de 29,43 t.ha⁻¹ para o componente fuste, 4,34 t.ha⁻¹ para folhas e 32,24 t.ha⁻¹ para a biomassa total. *C. corcovadensis* obteve média de 2,75 t.ha⁻¹ para fuste, 0,47 t.ha⁻¹ para folhas e 3,53 t.ha⁻¹ para a biomassa total;
- A média dos teores de carbono para o componente fuste foi de 40,53%; o componente folha obteve média de 38,64%. Considerando todos os componentes, o valor médio ponderado dos teores de carbono foi de 40,28%;
- O estoque de carbono para as duas espécies avaliadas totalizou em 13,03t.ha⁻¹, sendo 11,92 t.ha⁻¹ para a espécie *D. sellowiana* e 1,11 t.ha⁻¹ para *C. corcovadensis*.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941: Determinação da densidade básica**. Rio de Janeiro, 2003.

CALDEIRA a, M. V. W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

CALDEIRA b, M. V. W. Determinação de carbono em povoamentos de *Acacia mearnsii* de WILD. plantados no Rio Grande do Sul. **Acadêmica**, Curitiba, v.1, n. 2, p. 47-54, 2003.

CAVALLET L. E.; PAULA V.P. **Estimativa de sequestro de carbono da biomassa aérea como indicador de sustentabilidade em decorrência da adequação da área de preservação permanente da sub-bacia do Rio Pequeno (Antônio – PR)**. Curitiba. UFPR. 2007.

DOBNER JR, M., VAGAES, T. C.; HIGA, A. R. Aproveitamento do Germoplasma de *Cryptomeria japonica* da Estação Experimental de Rio Negro, PR, Visando a Produção de Sementes. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 3, p. 363-372, 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2012.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. **Climate Change 2007: Physical Science Basis: Synthesis report**. contribution of working group I, II, and III to the third assessment report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press; 2007.

HIRAI, R.Y.; PRADO, J. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. Pteridophyta: 3. Cyatheaceae. **Hoehnea** vol.41 nº. 2, São Paulo, 2014.

LEHN, C.R.; SCHMITT, J.L. & WINDISCH, P.G. Aspectos do desenvolvimento vegetativo de *Rumohra adiantiformis* (Forst.) Ching (Pteridophyta, Dryopteridaceae), em condições naturais. **Revista de Estudos / Centro Universitário Feevale**, Novo Hamburgo, RS, 2002.

MACHADO, S. A *et al.* Relações Quantitativas entre Variáveis Dendrométricas e Teores de Carbono para *Mimosa scabrella* Benthham da Região Metropolitana de Curitiba. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 52, p. 37-60, 2006.

MANTOVANI, M. **Caracterização de populações naturais de xaxim (*Dicksonia sellowiana* (Presl.) Hooker), em diferentes condições edafo-climáticas no Estado de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 71, p. 149-154, 2006.

MIRANDA, D. L. C. de; SANQUETTA, C. R.; COSTA, L. G. da S.; CORTE, A. P. D. Biomassa e Carbono em *Euterpe oleracea* Mart., na Ilha do Marajó – PA. **Floresta e Ambiente** 19 (3), 336-343 p, 2012.

MIRANDA, D.L.C. **Modelos matemáticos de estoque de biomassa e carbono em áreas de restauração florestal no sudoeste paulista**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Florestal). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

MOGNON, F. **Dinâmica do estoque de carbono como serviço ambiental prestado por um fragmento de floresta Ombrófila Mista Montana localizada no sul do estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

NEUMANN, M. K. **Monitoramento do Crescimento e da Fenologia de *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin (Cyatheaceae), em Remanescente de Floresta Atlântica, RS, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, 2010.

OSHIRO, S. R. **Processo de Medição de Carbono de Biomassa Arbóreo não-agressivo ao Ecossistema – Estudo de Caso: *Mimosa scabrella* Benth.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

PEARSON, T. R.H.; WALKER, S.; BROWN, S. L. 2005. Sourcebook for Land use, Land-use change and forestry Projects. **Bio Carbon Fund**. Winrock International, 2005.

PELLIZZARO, L. **Biomassa e estoque de carbono na parte aérea de espécies arbóreas nativas no município de Chapecó, Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) UNUCHAPECÓ, Santa Catarina, 2009.

PEREIRA, A. B. **Introdução ao Estudo das Pteridófitas** – 2 ed. – Canoas: Ed. ULBRA, 2003.

SAIDELLES, F. L. F. *et al.* Uso de equações para estimar Carbono orgânico em plantações de *Acacia mearnsii* de Wild. no Rio Grande do Sul – Brasil. **Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 907-915, 2009.

SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R. *et al.* (Eds.). **As florestas e o carbono**. UFPR - Curitiba, 2002.

SANTOS, W. C. **A influência de fatores edáficos no crescimento e produção de 12 diferentes procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze**.

2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2. ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2009.

SEHNEM, A. Ciateáceas. In: REITZ, P.R. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí-SC: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978.

SEMA. **Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção do Rio Grande do Sul**.

Disponível em:

http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Decretos/2002/dec_rs_42099_2002_especies_floranativa_ameacadasdeextincao_rs.pdf. Acesso em 15 de Julho, 2014.

SILVEIRA, P. **Métodos Indiretos de Estimativa do Conteúdo de Biomassa e do Estoque de Carbono em Um Fragmento de Floresta Ombrófila Densa**.

Dissertação (Doutorado em Engenharia Florestal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SOARES FILHO & HISSA, 2010. **Estudo de Baixo Carbono para o Brasil**.

Disponível em:

<http://www.cabo.pe.gov.br/pners/CONTE%C3%A9DO%20DIGITAL/ESTUDOS%20BAIXO%20CARBONO/EMISS%C3%95ES%20USO%20DO%20SOLO.pdf>

Acesso em 10 de Junho de 2014.

SCHUMACHER, M.V.; WITSCHORECK R.; CALDEIRA M.V.W.;

WATZLAWICK, L.F. Estoque de carbono em florestas de *Pinus taeda* L. e *Acacia mearnsii* De Wild. Plantadas no Estado do Rio Grande do Sul. **As florestas e o Carbono**. Curitiba, 2002.

URBANO, E. **Estimativa da biomassa aérea e do peso de carbono fixado em árvores de bracingas nativas da região metropolitana de Curitiba**. 2007.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

VIEIRA, M.; BONACINA, B. M.; SCHUMACHER, M. V.; CALIL, F. N.; CALDEIRA, M. V. W.; WATZLAWICK, L. F. Biomassa e nutrientes em povoamento de *Eucalyptus urograndis* na Serra do Sudeste-RS. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, 2012.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: SIF/UFV. Boletim Técnico, p. 1-21, 1984.

WATZLAWICK, L. F. *et al.* Teores de carbono em espécies da Floresta Ombrófila Mista. Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisa. Curitiba: UFPR/Laboratório de Inventário Florestal: **Instituto Ecoplan: PELD**, 2004.

WATZLAWICK, L. F. *et al.* Variação nos Teores de Carbono Orgânico em Espécies Arbóreas da Floresta Ombrófila Mista. **Floresta e Ambiente**; 18 (3): 248-258, 2011.

WEBER, K. S; BALBINOT, R; WATZLAWICK L. F; SANQUETTA, C. R. Teores de carbono orgânico de seis espécies naturais do ecossistema da Floresta Ombrófila Mista. **Ambiência**, Guarapuava, v.2, n.2, 2006.